

В.И. Лавриненко, д-р тех. наук, Г.А. Петасюк, канд. техн. наук,
Д.В. Сухарев, Киев, Украина

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОНОКРИСТАЛЛОВ СИНТЕТИЧЕСКОГО АЛМАЗА КАК КРИТЕРИЙ РАВНОМЕРНОСТИ ИЗНОСА ПРЕЦИЗИОННЫХ АЛМАЗНЫХ ПРАВЯЩИХ РОЛИКОВ

У статті розглянута можливість використання морфометричних параметрів монокристалу алмазу як критеріїв, за якими можливо прогнозувати рівномірність розмірного зносу прецизійних правлячих роликів, отриманих методами гальванопластики, в процесі експлуатації. І як наслідок підвищити ефективність використання алмазів підвищеної міцності в даному інструменті.

В статье рассмотрена возможность использования морфометрических параметров монокристалла алмаза как критериев, по которым возможно прогнозировать равномерность размерного износа прецизионных правящих роликов, полученных методами гальванопластики, в процессе эксплуатации. И как следствие повысить эффективность использования алмазов повышенной прочности в данном инструменте.

The article considers the possibility of using morphometric parameters of diamond monocrystal as the criteria by which it is possible to predict uniformity of the dimensional wear of precision dressing tools obtained by methods of electroforming, during the operation. And as a consequence of more efficient use higher strength diamonds in this tool.

В распространенных процессах малоотходной технологии изготовления деталей машин, операции врезного шлифования являются преобладающими. При этом возрастает роль алмазных правящих роликов (рис. 1), которые с минимальными затратами времени формируют прецизионный профиль шлифовального круга, одновременно обеспечивая высокие режущие свойства его рабочей поверхности.

Поскольку прецизионный правящий инструмент довольно дорогостоящий и наукоемкий, то важно обеспечить его износостойкость, в том числе размерную, в процессе правки. Последнее время в технологии синтеза алмазов появились возможности получения алмазов повышенной прочности марок АС160-400, которые позволяют в правящем инструменте сделать определенные шаги в достижении дальнейших возможностей повышения износостойкости такого дорогостоящего алмазного инструмента.

По внешней форме или облику (габитусу) кристаллы алмаза разнообразны. Наиболее распространенными формами кристаллов алмаза являются: октаэдр (восьмигранник с гранями в виде правильных треугольников); ромбо-додекаэдр (двенадцатигранник с гранями ромбической



Рисунок 1 – Алмазные прецизионные правящие ролики

формы); реже – куб; комбинированные формы – плоскогранно-кривогранные и кривогранные кристаллы (октаэдронд, ромбододекаэдронд: гексаэдронд или их комбинация). Синтетические алмазы не образуют такого многообразия форм, как природные алмазы, они кристаллизуются в виде трех основных форм: октаэдра, куба и их комбинации – кубооктаэдра, а также содержат зерна неправильной формы не более 25% [1]. При использовании в качестве растворителя углерода сплава никеля и марганца (давление постоянное) и изменении температур синтеза алмазы приобретают все переходные формы геометрически непрерывного ряда от куба до октаэдра (рис. 2). Минимальные температуры соответствуют образованию кубов, максимальные – октаэдров [2].

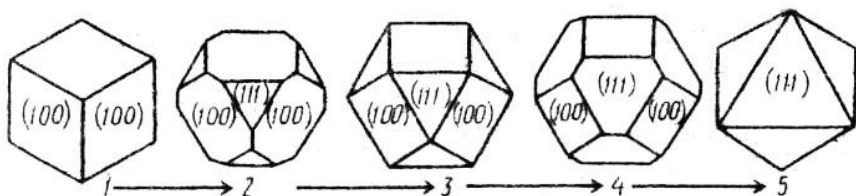


Рисунок 2 – Основные кристаллографические типы синтетических алмазов:
1 – куб; 2, 3, 4 – кубооктаэдры; 5 – октаэдр.

Алмазы повышенной прочности марок AC100 – AC400, имеют габитус кубооктаэдров, с разной степенью развитости плоскостей (100) и (111). Для

наглядного примера ниже на рис. 3 и рис. 4 приведены фотографии синтетических алмазов марок АС100 и АС300 соответственно.

На рис. 3 и 4 отчетливо видно разность в развитости поверхности синтетических алмазов. В связи с чем было принято решение провести исследование морфометрических характеристик синтетических монокристаллов алмаза марок АС100, АС200, АС300 и АС400 зернистости 500/400 и их влияние на износостойкость прецизионных алмазных роликов полученных методом гальванопластики.

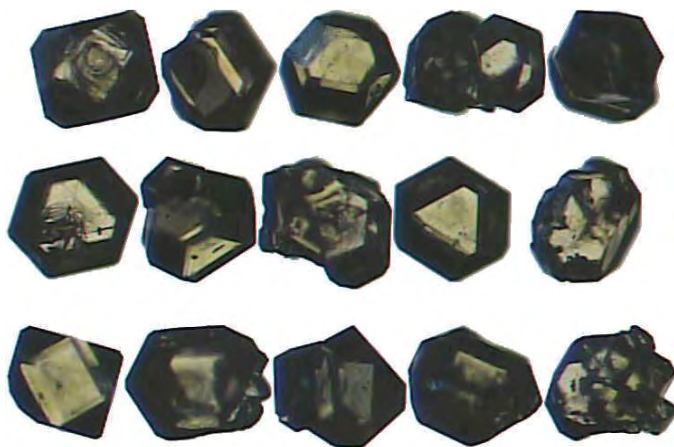


Рисунок 3 – Алмазы марки АС100 500/400

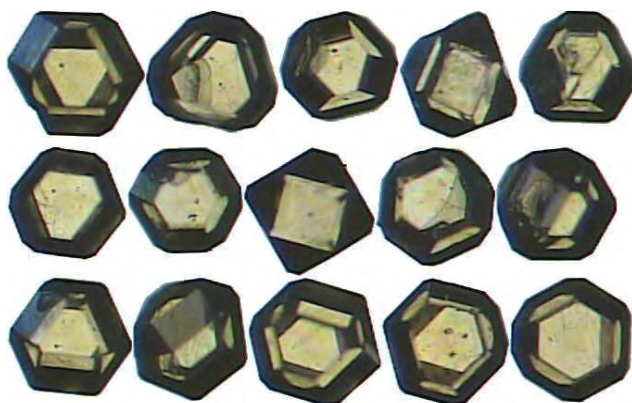


Рисунок 4 – Алмазы марки АС300 500/400

Прочность шлифпорошков алмаза (Р, Н) по разрушающей нагрузке при статическом сжатии зерен определяли по методике ДСТУ 3292-95 и ТУ У 28,5-05417377-072-2003.

Автоматизированную диагностику морфометрических характеристик порошков алмаза выполняли на приборе DialInspect.OSM. Методом автономной математической обработки полученного в результате DialInspect.OSM – диагностики xls-файла определяли средние значения полученных данных и оценивали их адекватность по индексу стабильности [3].

Прибор DialInspect.OSM анализирует зерна кристаллов алмаза по их проекциям, что наглядно отображено на рис. 5, преобразовывая проекцию в контур и определяя все прямолинейные участки, выступы, впадины как глобальные, так и локальные.

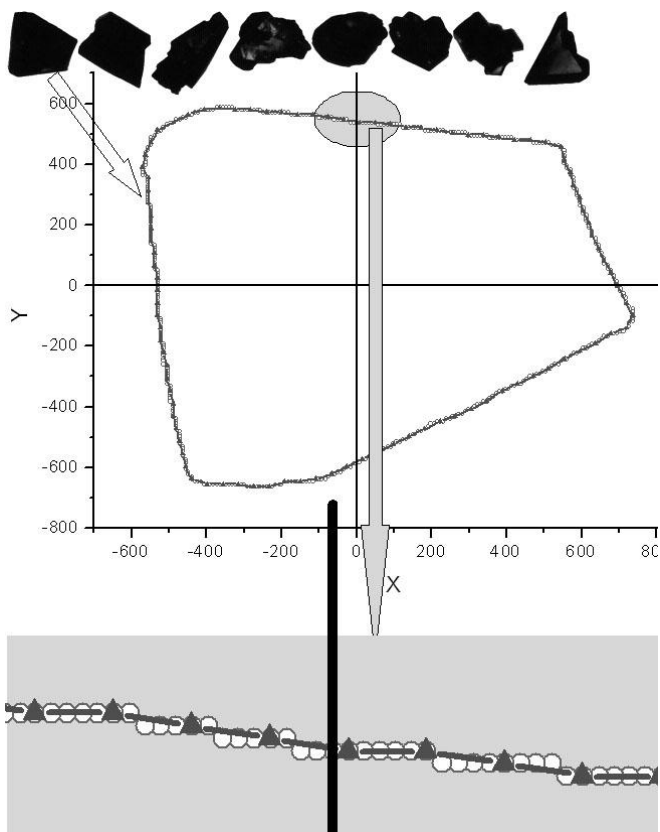


Рисунок 5 – Анализ проекции кристалла алмаза

Учитывая то, что габитус исследуемых кристаллов – кубооктаэдр, а точнее, октаэдр с притупляющими гранями куба, была создана 3D–модель кристалла алмаза для моделирования двух случаев получения проекций кристаллов алмаза: когда он лежит на плоскости (100) и (111). Результаты моделирования отображены на рис. 6.

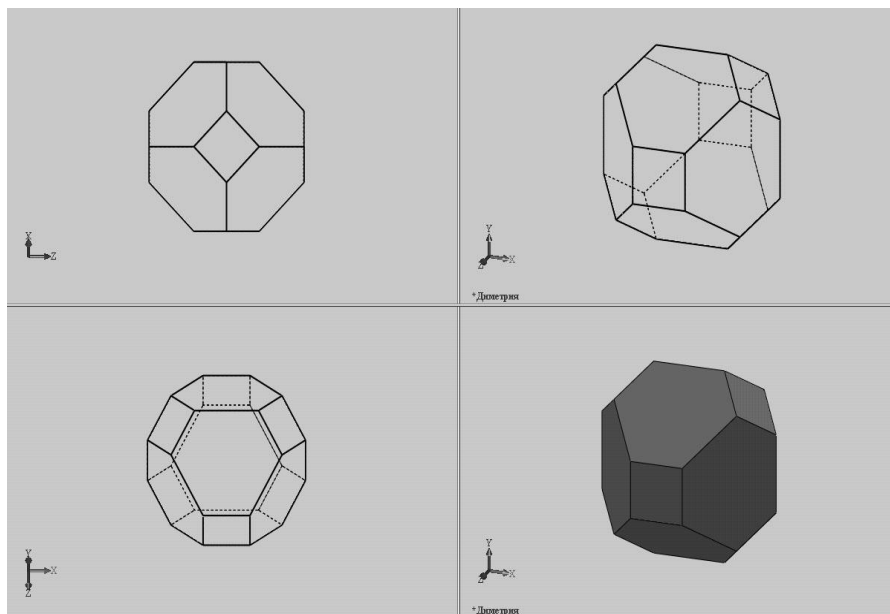


Рисунок 6 – Вид проекций 3D модели алмаза

Из моделирования видно, что в случае, когда алмаз лежит на плоскости (100) в его проекции наблюдается 8 глобальных вершин, а в случае, когда алмаз лежит на плоскости (111) – 12.

По данным полученным при помощи прибора DialInspect.OSM, в связи с тем, что алмазы в случайном порядке были насыпаны для исследования, мы получили среднее количество глобальных вершин. Результаты отображены в таблице.

Учитывая случайный порядок положения кристаллов алмаза, можно сделать вывод, что среднее количество глобальных выступов напрямую связано с развитостью плоскостей (100) и (111). Исходя из этого, можно построить график процентного соотношения рабочих плоскостей в правящем инструменте. График отображен на рис. 7.

Таблица – Средние значения морфометрических характеристик алмазов АС100 – АС 400.

Название характеристик	АС100		АС200		АС300		АС400	
	Среднее	стаб.	Среднее	Стаб.	Среднее	стаб.	Среднее	стаб.
К–во г. в., шт.	10,000	0,30212	8,7973	0,31978	8,2339	0,34826	9,2531	0,30113
Угол заострения г. в., град.	148,79	0,77267	150,58	0,90773	150,12	0,86771	149,39	0,85343
Равном. расп. г. в., %	89,562	0,77432	89,776	0,74761	88,234	0,71182	89,177	0,73310

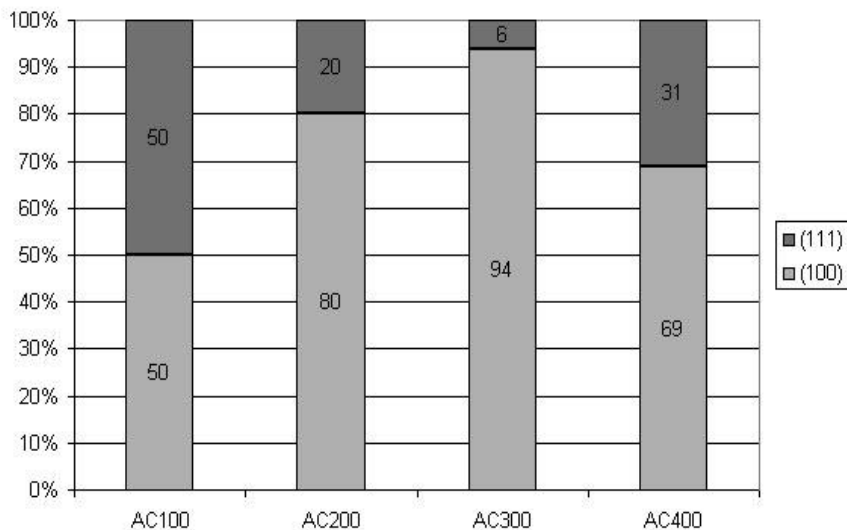


Рисунок 7 – Диаграмма процентного соотношения количества работающих плоскостей в прецизионном инструменте

Твердость кристалла алмаза, как и остальные механические свойства, зависит от направления (векторная величина). А.С. Семеновым установлено, что природные и синтетические алмазы обладают ярко выраженной анизотропией твердости, так как их твердость неодинакова в различных кристаллографических направлениях, что обусловлено неодинаковым расстоянием между атомами в различных направлениях и разным количеством атомов, содержащих-

ся в различных плоскостях. Поскольку плотность атомов углерода на гранях куба (100), ромбододекаэдра (110) и октаэдра (111) относится как 1,000:1,414:2,306, то наибольшую твердость имеет грань октаэдра с наиболее плотным расположением атомов, меньшую – ромбододекаэдра и наименьшую - грань куба [2].

Согласно данным А.С Семеновой, коэффициент анизотропии микро-твердости $K = H_{\max}/H_{\min}$ при нагрузке 1,961 Н составляет 1,8, при 1,471 Н - 2,0, при 0,980 Н - 2,4. Из-за неоднородности строения алмаза по объему и напряженности кристалла не только каждая форма алмаза, но и различные грани одной формы и даже каждая грань кристалла в различных направлениях могут обладать неодинаковой твердостью.

Анизотропия твердости обуславливает различную износостойкость и шлифуемость алмазов в зависимости от кристаллографического направления. Алмаз труднее обрабатывается по грани октаэдра, легче – по грани ромбододекаэдра и легче всего – по грани куба. Это позволяет более рационально использовать алмазы, вскрыть дополнительные потенциальные их возможности – повысить режущую способность, качество обработки и износостойкость инструмента.

Учитывая вышеизложенные материалы: анизотропию твердости синтетических алмазов а, следовательно, и их различную износостойкость по разным плоскостям, а так же данные с диаграммы на рис. 7 и таблицы, приходим к выводу, что на равномерность износа прецизионных правящих роликов напрямую влияют морфометрические характеристики используемых алмазных зерен.

Принимая то, что скорость размерного износа односторонних граней внутри одной марки алмаза практически одинакова, можно построить диаграмму, которая будет отображать равномерность износа в зависимости от среднего количества глобальных вершин в выборке алмазов.

Принимая, что количество вершин 8 и 12 будут соответствовать максимальной равномерности износа, делаем вывод, что при достижении значения 10, при котором как видно с диаграммы на рис. 7 количество работающих плоскостей (100) и (111) равное, будет соответствовать максимально не равномерному износу, принимая это можно построить простое уравнение, которое будет в процентной величине отображать неравномерность износа.

$$\Delta_{Qh} = \frac{|n-10|}{2} \cdot 100\%$$

Где Δ_{Qh} – равномерность линейного износа; n – число глобальных выступов.

Руководствуясь выше указанной формулой, получаем следующую диаграмму, представленную на рис. 8.

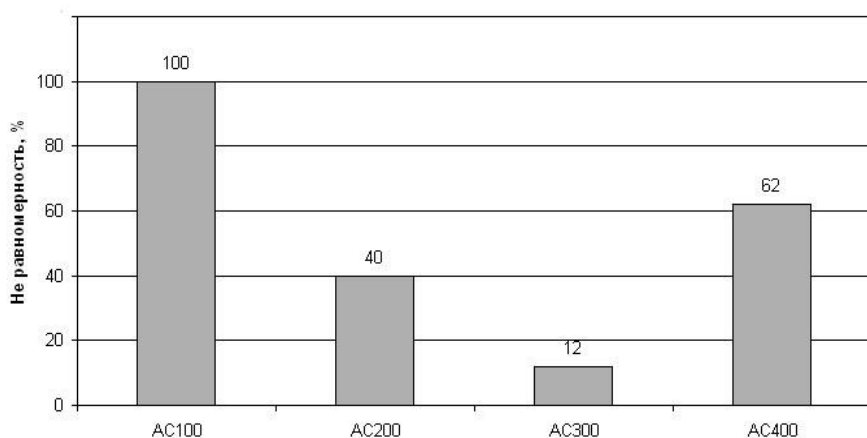


Рисунок 8 – Диаграмма равномерности износа правящего инструмента при использовании синтетических алмазов марок AC100 – AC400.

Таким образом, мы получаем возможность контролировать равномерность износа прецизионного правящего инструмента при помощи морфометрических характеристик монокристаллов синтетического алмаза. Следует отметить, что данная выкладка является началом изучения влияния габитуса синтетических алмазов на равномерность и линейный износ инструмента в целом, что в дальнейшем даст возможность повысить эффективность использования алмазов повышенной прочности.

Список использованных источников: 1. Физические свойства алмаза. Справочник. Под редакцией академика АН УССР *Новикова Н. В.* // Киев, «Наукова Думка» 1987. 192 с.; 2. *И.П. Захаренко* Сверхтвердые абразивные материалы в инструментальном производстве // Киев, «Вища школа» 1985. 152 с.; 3. *Новиков Н.В., Богатырева Г.П., Петасюк Г.А.* К вопросу повышения информативности морфологических характеристик порошков из сверхтвердых материалов, определяемых на видео- компьютерных диагностических комплексах // Сверхтвердые материалы. — 2005. — №3. - С. 73-85.

Поступила в редколлегию 15.06.2012